

Comunidades energéticamente eficientes. Análisis de sistemas de certificación urbana

Energy efficient communities. Analysis of urban certification systems

María Belén Sosa*

Erica Correa**

María Alicia Cantón***

Estudios del Hábitat, vol. 19, núm. 2, 2021

Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Disponible en: <https://doi.org/10.24215/24226483e104>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Comunidades energéticamente eficientes. análisis de sistemas de certificación urbana

Energy efficient communities. analysis of urban certification systems

María Belén Sosa

Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INHAE) - Consejo Nacional de Investigaciones científicas y Técnicas (CONICET)
msosa@mendoza-conicet.gob.ar

<https://doi.org/10.24215/24226483e104>

Recepción: 14 de septiembre 2020

Aprobación: 15 de diciembre 2021

Publicación: septiembre 2022

Erica Correa

Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INHAE) - Consejo Nacional de Investigaciones científicas y Técnicas (CONICET)
ecorrea@mendoza-conicet.gob.ar

María Alicia Cantón

Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INHAE) - Consejo Nacional de Investigaciones científicas y Técnicas (CONICET)
macanton@mendoza-conicet.gob.ar

RESUMEN: Las ciudades no han sido planificadas considerando la energía que demandan; generando que la conservación sea solamente a escala edilicia. Pero, la eficiencia energética de la ciudad no depende de la suma de edificaciones bioclimáticas; siendo la planificación de la forma urbana necesaria para conjugar el desempeño de las edificaciones con el entorno. Existen sistemas de certificación urbana que mejoran la eficiencia energética. Este trabajo analiza cuatro sistemas (BREEAM, LEED®, Green Star, y CASBEE), detecta del conjunto aquel que en sus categorías enfatiza la relación forma urbana-consumo de energía; y lo aplica a un conjunto de casos del área de estudio. El análisis muestra que LEED® otorga mayor importancia a la planificación de la forma urbana. Sin embargo, al evaluar el desempeño entre LEED® y los casos de estudio, se detecta que la relación forma urbana-consumo de energía no es congruente entre los requisitos de certificación y los consumos obtenidos.

PALABRAS CLAVE: forma urbana; certificación a escala urbana; eficiencia energética

ABSTRACT: Cities have not been planned considering the energy they demand; This has led to conservation at the building scale. But, the energy efficiency of the city does not depend on the sum of bioclimatic buildings; being the planning of the urban form necessary to combine the performance of the buildings with the environment. There are urban certification systems that improve energy efficiency. This work analyzes four systems (BREEAM, LEED®, Green Star, and CASBEE), detects from the set that which in its categories emphasizes the relationship between urban form and energy consumption; and applies it to a set of cases in the study area. Analysis shows that LEED® places greater importance on urban form planning. However, when evaluating the performance between LEED® and the case studies, it is detected that the urban form-energy consumption relationship is not congruent between the certification requirements and the consumption obtained.

KEYWORDS: urban form; urban scale certification; energy efficiency

INTRODUCCIÓN

Existen proyecciones que indican que las ciudades van a demandar a nivel mundial un 40% más de recursos energéticos para el año 2030 (UN-Hábitat, 2016; IEA, 2016). Este dato no es menor, ya que en términos generales las ciudades no han sido planificadas considerando como eje central la energía que demandan y consumen, ni cómo el problema de encarecimiento o escasez de este recurso puede afectar al desarrollo (Ko, 2014).

La crisis del petróleo marcó un hito en las libertades que existían en la planificación de las ciudades, desde allí se comenzaron a propiciar las medidas de conservación a escala edilicia (Páez García, 2009). En la actualidad, estas medidas son validadas por numerosos métodos de certificación desarrollados por varios países, que estimulan a que las edificaciones consuman menor cantidad de recursos fósiles para alcanzar temperaturas de confort interior considerando el diseño, materialidad, técnicas de acondicionamiento mixtas, y tecnologías de generación de energía. Bernardi et al., (2016) realizaron un minucioso análisis de los sistemas de certificación de edificios más adoptados a nivel mundial para evaluar el impacto ambiental que generan; los principales hallazgos de este estudio indican que el desempeño energético es una de las categorías más consideradas.

Estas certificaciones, a escala edilicia, se aplican en forma aislada y en su gran mayoría no contemplan cómo las variables del entorno urbano pueden afectar el desempeño del mismo; propiciando que la eficiencia energética de una ciudad o sector se conciba como la suma de edificaciones bioclimáticas (Higuera, 2012). El uso eficiente de la energía a escala edilicia es un tema comúnmente abordado por la comunidad científica con numerosos casos de aplicación, mientras que a escala urbana se suman otras variables como la forma del conjunto, que han sido poco exploradas. En este sentido, trabajar sobre la escala intermedia de la ciudad, barrios o comunidades, es superadora del análisis de los edificios como unidades y de la ciudad como total, y puede ser una gran ventaja para la sustentabilidad, ya que está demostrado que las acciones a nivel local tienden a generar repercusiones a gran escala (Martínez, 2017; Encinas et al., 2016; Middel et al., 2014).

Es por ello que considerar la componente energética asociada a la forma de disposición y crecimiento de las áreas urbanas resulta de importancia durante las etapas de diseño y planificación para generar urbanizaciones energéticamente eficientes (Reinhard, 2017, Koirala, et al., 2016). Esta consideración es de vital importancia para garantizar buenos estándares en la relación forma urbana - consumo de energía. Estudios previos en el Área Metropolitana de Mendoza, Argentina (AMM) demostraron que existen fuertes correlaciones entre variables de la forma urbana y el consumo de energía asociado; existiendo combinaciones de diseño óptimas que contribuyen a reducir hasta un 37% el consumo entre diferentes alternativas evaluadas (Sosa et al., 2018). Es decir que la forma del entorno construido puede potenciar o disminuir los efectos de diversas estrategias asociadas a la reducción de consumo de energía, mientras que decisiones de diseño que no contemplan el enfoque de la eficiencia energética generan consecuencias negativas sobre la sustentabilidad de un modelo urbano.

Es por ello que, para conjugar el desempeño de las edificaciones con los recursos climáticos y energéticos de un modo sustentable en cada sitio, es imperativo concebir de manera conjunta la matriz urbana resultante. Esto facilita que los diseños de las ciudades generen niveles de confort climáticos aceptables, tanto del espacio interior como exterior, permitiendo de esta manera reducir efectivamente el consumo de energía que imponen las técnicas de acondicionamiento artificial tanto en invierno como en verano. Revertir este escenario a través de profundizar en el abordaje de nuevos paradigmas asociados al diseño de ciudades que minimicen sus efectos sobre el clima y el consumo de recursos energéticos, es una estrategia viable para orientar el desarrollo de las áreas urbanas en el marco de la resiliencia y sustentabilidad (Sharifi, 2016).

En los últimos años, desde distintas perspectivas se han desarrollado e implementado herramientas novedosas para certificar, bajo parámetros de sustentabilidad social, económica y medioambiental, el diseño de nuevos barrios y comunidades. Estos sistemas buscan mejorar el medioambiente construido

a través de desarrollos que valoren y respeten el entorno natural, que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, y disminuyan el consumo de recursos fósiles. Se conciben como una guía metodológica de ayuda a los agentes de la planificación para medir y acreditar sus propuestas según principios y estándares predefinidos (Rueda, 2014). Es así como los sistemas de certificación, al apuntar a acciones a escala local, pueden jugar un papel importante, ya que contar con estas herramientas permite a urbanistas, desarrolladores inmobiliarios y entidades de gobierno disponer de un conjunto de medidas y parámetros a partir de los cuales implementar acciones concretas que contribuyan a mejorar su desarrollo (Huang et al., 2015).

El presente trabajo aborda esta temática poco explorada, y se desarrolla en base a tres objetivos: (i) analizar las categorías consideradas por los sistemas de certificación más utilizados e implementados a escala urbana; (ii) detectar dentro del conjunto de sistemas evaluados aquel que en sus categorías considera y enfatiza la relación forma urbana-consumo de energía; y (iii) aplicar este sistema a un conjunto de casos del contexto local (AMM) y verificar si el sistema de certificación es congruente con los resultados obtenidos previamente de la relación forma urbana-consumo de energía.

METODOLOGÍA

La metodología de trabajo se divide en cuatro etapas que se detallan y describen a continuación.

Identificación y selección de los sistemas de certificación a escala urbana

A nivel internacional existen varios sistemas de certificación que han desarrollado y adaptado su versión a escala urbana: “BREEAM” Communities (Reino Unido), “LEED®” Neighborhood Development (Estados Unidos), Green Star Communities (Australia), “CASBEE” Urban Development (Japón), “DGNB” Urban Districts (Alemania), “HQETM” (Francia), Pearl Community Rating System (Emiratos Árabes Unidos).

Para seleccionar entre estos sistemas de certificación aquellos a analizar en el presente trabajo, se consideraron los más utilizados a nivel mundial. Esta condición se determinó contabilizando el número de certificaciones otorgadas hasta la actualidad por cada sistema en su versión a escala urbana, tomando como línea de corte aquellos sistemas con más de diez certificaciones otorgadas. Esta información se encuentra disponible de manera libre en las página web de cada sistema, donde además de informar los casos certificados, se conoce la localización geográfica, el nombre del desarrollo urbano, y el nivel alcanzado.

ANÁLISIS Y CONTRASTACIÓN DE LAS CATEGORÍAS CONSIDERADAS EN LOS SISTEMAS DE CERTIFICACIÓN

Cada sistema evalúa las comunidades por categorías, éstas se acreditan con puntaje a través de un listado de valoración cuantitativo o check list, el puntaje final obtenido indica el nivel de certificación alcanzado. Para conocer y analizar a las categorías que conforman a cada sistema se consultaron los manuales técnicos oficiales, los mismos se encuentran disponibles en cada página web.

Luego, se sistematizaron las categorías con los créditos asociados de cada sistema en una hoja de cálculo. Con esta información se determinó el peso porcentual de cada categoría en cada sistema, es importante aclarar que para realizar una comparación equitativa se normalizó el total de créditos de cada sistema al 100%, ya que existen variaciones entre ellos. El análisis y contrastación cuantitativo se presentan en la sección de resultados.

SELECCIÓN DEL SISTEMA QUE CONTEMPLA LA RELACIÓN FORMA URBANA-CONSUMO DE ENERGÍA

Para detectar del conjunto de sistemas analizados aquel que más se adecua al objetivo principal de este trabajo, considerar la relación forma urbana-consumo de energía, se profundizó la búsqueda en todas las categorías que dentro de sus requisitos incorporan parámetros o pautas métricas para el diseño de las comunidades a certificar. Esta información se analizó a partir de los documentos emitidos por cada sistema que explican de manera detallada cada requisito a certificar.

APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA SELECCIONADO A UN CONJUNTO DE CASOS

Por último, se aplicaron y evaluaron los parámetros de diseño que determina el sistema de certificación seleccionado a tres barrios del AMM donde se conoce de manera empírica, por estudios previos, el desempeño energético (Sosa et al., 2018). Estos barrios se monitorearon micro-climáticamente durante el verano, luego se ajustaron en el software de simulación ENVI-met, y con los datos de salida se realizó la estimación del consumo de energía considerando sólo el desempeño del espacio exterior para la condición de verano.

Los tres conjuntos analizados presentan el modelo de desarrollo urbano típico del AMM y responden a tres tipos de trama -Rectangular, Multi-azimutal, Cul-de-Sac-, las características urbanas son: uso residencial y comercial, calles de 20 m de ancho forestadas con árboles de 2° magnitud, aceras de 3 m de ancho, viviendas unifamiliares de 3 m de altura con diseños y materialidades homogéneas.

Los resultados obtenidos en las simulaciones luego de aplicar las estrategias de enfrimiento urbano, combinación entre forma, materialidad y forestación, permitieron mejorar significativamente la respuesta térmica exterior lo que se traduce en un mejor comportamiento térmico interior de las viviendas y menor consumo de energía auxiliar para alcanzar niveles de confort térmico aceptables para la condición de estudio.

La Figura 1 muestra las características y resultados obtenidos del consumo de energía mensual en el periodo de verano para cada diseño de trama.











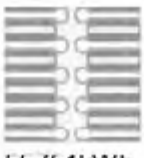


Área Metropolitana de Mendoza	Tramas monitoreadas	Escenarios y consumos de energía		Cantidad y tipología de vivienda
		E-O	N-S	
	 Multi-azimutal	 65200kWh	 62592kWh	 326
	 Rectangular	 65852kWh	 62592kWh	 326
	 Cul-de-sac	 55751kWh	 52921kWh	 283

Figura 1: Características de los diseños a evaluar.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

SISTEMAS DE CERTIFICACIÓN SELECCIONADOS

Al analizar el número de certificaciones otorgadas por cada sistema, se destaca que la mayor cantidad se acumula entre: BREEAM, LEED®, Green Star, y CASBEE. La Tabla 1 muestra el número de certificaciones por sistema, asociado a la distribución geográfica.

Al analizar la Tabla 1 se destaca que el sistema más utilizado, es decir el que presenta mayor número de certificaciones otorgadas es LEED® (251 certificaciones), y el sistema más difundido a nivel internacional es BREEAM (aplicado en 13 países). Por otra parte, Green Star, y CASBEE sólo han sido utilizados en el país de origen. La difusión del sistema BREEAM se debe a que el mismo contempla un mecanismo de ajuste, para adaptar la certificación a proyectos internacionales con distintas realidades en

términos de legislación local. En el caso de LEED® este sistema incorpora la categoría de “Prioridades Regionales” para posibilitar su aplicación a comunidades insertas en diferentes contextos geográficos. La adaptación local es un variable a considerar, ya que se observa el caso de Japón, donde existen 3 comunidades certificadas con el sistema LEED® y 1 comunidad con BREEAM, independientemente que el país posee su propio sistema de certificación.

Tabla 1: Certificaciones y localización por sistema.

Sistema	Número	Distribución geográfica
LEED®	251	Estados Unidos 98, Canadá 23, China 11, Japón 3, Malasia 3, Turquía 3, España 2, Korea del Sur 2, Italia 1, y Líbano 1
CASBEE	120	1 país: Japón
BREEAM	85	13 países: Reino Unido 56, Finlandia 8, Noruega 4, Suecia 4, Hungría 3, Bélgica 2, Islandia 2, Japón 1, Kazajistán 1, China 1, Bulgaria 1 España 1, y Madagascar 1
Green Star	37	1 país: Australia

Fuente: Elaboración propia.

Este análisis muestra también que no hay proyectos a escala urbana certificados dentro de América Latina; sólo existen certificaciones a escala edilicia (ejemplo de ello en Argentina, es la sede del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires). Esto pone de manifiesto que si bien existe una preocupación por la certificación a escala edilicia, la escala urbana aún no está siendo considerada en el contexto.

Distribución porcentual de cada una de las categorías

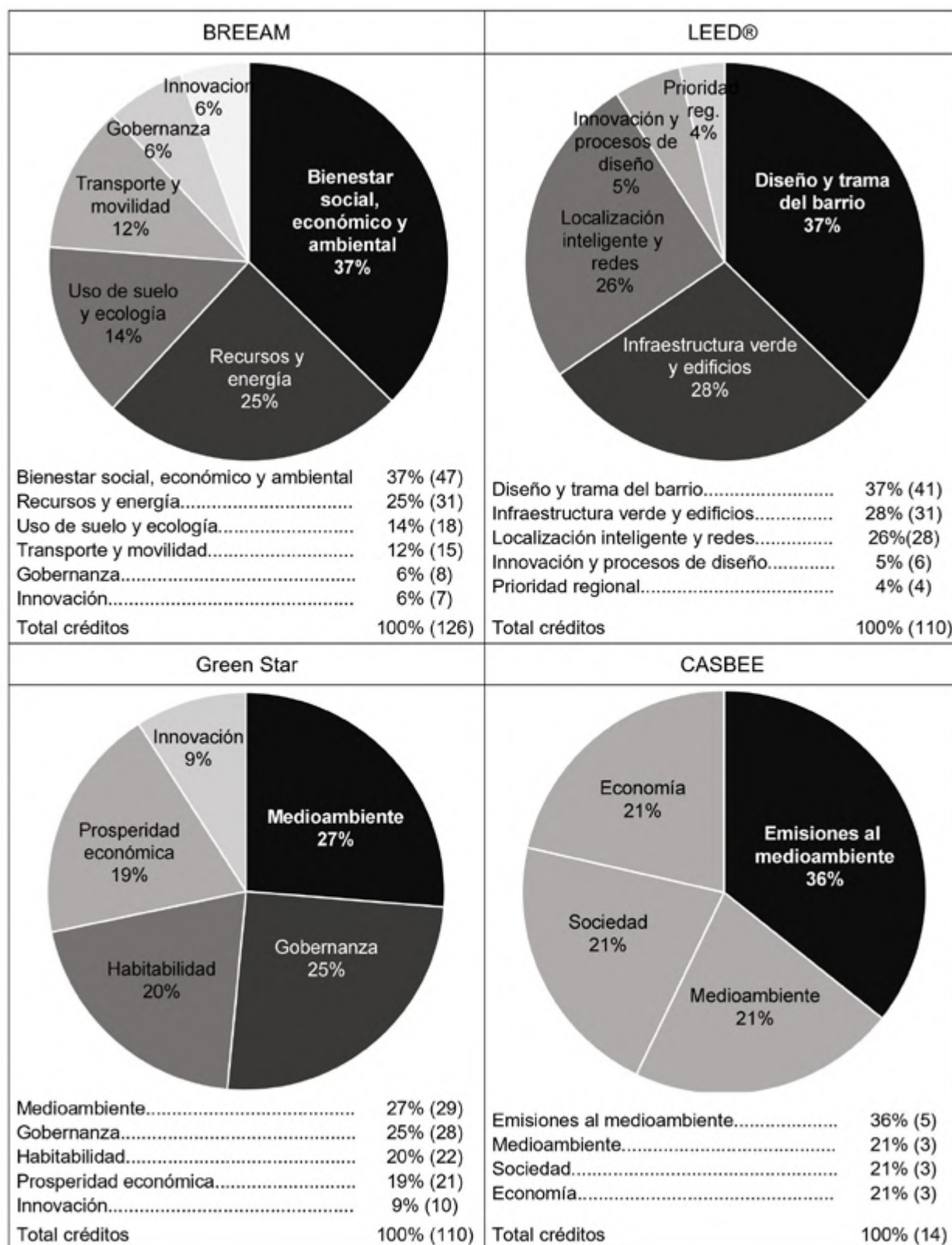


Figura 2: Categorías y créditos de cada sistema.
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 2 detalla las categorías de evaluación y créditos asociados de cada sistema analizado. En cuanto a la cantidad de categorías, éstas varían entre 4 y 6, donde: BREEAM y Green Star contienen 6, LEED® 5, y CASBEE 4. Cada categoría contempla pesos porcentuales diferentes respecto a la asignación de créditos. A los fines de analizar comparativamente a las mismas, y dado que cada sistema define un número de créditos variable -máximo 126 y mínimo 14-, se ha determinado en el diagrama de torta el peso porcentual de los créditos de cada categoría a partir de considerar la suma total de créditos como el 100%. El análisis de los mismos determina que cada sistema asigna el mayor peso porcentual a las siguientes categorías:

BREEAM, el 37% (47 créditos) corresponde a la categoría “Bienestar social, económico y ambiental”, que incluye 3 sub-categorías: Bienestar social 53% (25 créditos), Condiciones medioambientales 36% (17 créditos), y Economía local 11% (5 créditos). Esta categoría busca incrementar el nivel de habitabilidad, bienestar y salubridad del espacio público, garantizando una comunidad socialmente cohesionada.

LEED®, el 37% (41 créditos) corresponde a la categoría “Diseño y Trama del barrio”, que incluye 15 sub-categorías siendo 4 las que acumulan mayor puntaje: Calles peatonales 22% (9 créditos), Tipologías de viviendas y accesibilidad 17% (7 créditos), Desarrollo compacto 14% (6 créditos), y Barrios de uso mixto 10% (4 créditos). Esta categoría prioriza la eficiencia en el uso del suelo y del transporte, con formas urbanas compactas, de uso mixto, diseñado para el tránsito peatonal, con árboles en las calles, parques y plazas; alentando a que sean vecindarios socialmente equitativos y participativos.

Green Star, el 27% (29 créditos) corresponde a la categoría “Medioambiente”, que incluye 9 sub-categorías, siendo 3 las que acumulan mayor puntaje: Ciclo de agua integrado 24% (7 créditos), Estrategias de disminución de emisiones de carbono 20% (6 créditos), y Materiales 17% (5 créditos). Esta categoría se centran en incorporar estrategias para reducir la huella ecológica de la infraestructura, el transporte y los edificios de una comunidad; a través de análisis de ciclo de vida.

CASBEE, el 36% (5 créditos) corresponde a la categoría “Emisiones al medioambiente”. Esta categoría se focaliza en reducir las emisiones de CO₂ de los edificios al medioambiente; sin embargo es uno de los sistemas donde se resalta la paridad de importancia entre la triada de Medioambiente - Economía - Sociedad (21% de peso porcentual en cada una de estas categorías).

Por otra parte, cada sistema posee diversos niveles de certificación; donde los porcentajes y número de créditos para alcanzar el nivel mínimo en cada caso son los siguientes: BREEAM certifica con 30% (38 créditos), LEED® con 36% (40 créditos), Green Star con 40% (45 créditos), y CASBEE con 50% (7 créditos). Al analizar estos porcentajes se denota que el sistema más restrictivo en cuanto a alcanzar el nivel mínimo de certificación es CASBEE (50%), mientras que el sistema más contemplativo es BREEAM (30%). De manera particular, en el caso de BREEAM y LEED® el cumplimiento de la categoría de mayor peso permite obtener el nivel mínimo de certificación; mientras que en el caso de Green Star y CASBEE se necesitan acumular créditos de dos o más categorías.

En función de las prioridades de acción de cada sistema, las cuales se relacionan con el peso porcentual máximo que acumula una categoría, se determina que el sistema que pone mayor énfasis en la forma urbana es LEED®.

ANÁLISIS DEL SISTEMA LEED®

Al analizar los requisitos que LEED® contempla, en la relación forma urbana-consumo de energía, se detecta que aborda las dos escalas de acción -urbana + edificación- para mejorar la eficiencia energética de una comunidad

Las tres principales categorías que involucra el sistema -“Diseño y trama del barrio”, “Infraestructura verde y edificios”, y “Localización inteligente y redes”-, consideran desde las primeras etapas de planificación a la forma y disposición de las comunidades, a través de varios parámetros de diseño que se deben respetar y se presentan en el manual técnico del sistema. Los requisitos de cada categoría se muestran en la Figura 3, y en la misma se resaltan aquellos que contemplan en sus pautas de diseño y aplicación la relación forma urbana-consumo de energía.

Categorías			
Requisitos	Diseño y trama del barrio	Infraestructura verde y edificios	Localización inteligente y redes
	Calles peatonales*	Edificios certificados*	Localización inteligente*
	Desarrollo compacto*	Edificios con rendimiento energético optimizado*	Proximidad vivienda y empleo*
	Barrios de uso mixto*	Orientación solar*	Instalaciones para bicicletas*
	Comunidades conectadas y abiertas*	Producción de energía renovable*	Preservar especies en peligro y comunidades ecológicas
	Logística de la demanda del transporte*	Reducción de la isla de calor*	Conservación de humedales y masas de agua
	Calles arboladas y sombreadas*	Calefacción y refrigeración por distrito*	Conservación de tierras agrícolas
	Tipologías de viviendas y accesibilidad	Infraestructura con eficiencia energética*	Prevención de llanuras aluviales
	Alcance y participación ciudadana	Gestión del agua de lluvia	Remediación de sectores contaminados
	Huella de estacionamiento reducida	Reducción de uso de agua en el interior y exterior	Acceso a tránsito de calidad
	Instalaciones para el tránsito	Mínima perturbación del sitio de implantación	Protección de pendientes naturales
	Acceso a instalaciones recreativas	Re-utilización de edificios existentes y patrimoniales	Diseño para la conservación de hábitats, humedales y masas de agua
	Visitabilidad y diseño universal	Gestión de aguas residuales	Restauración de hábitats, humedales y masas de agua
	Cultivo local de alimentos	Infraestructura reciclada y re-utilizada	Manejo de conservación a largo plazo de hábitats o humedales y masas de agua
	Escuelas en la comunidad	Manejo de residuos sólidos	-
	Acceso al espacio cívico y público	Reducción de la contaminación lumínica	-

Figura 3: Requisitos por categorías del sistema LEED®.
Fuente: Elaboración propia.

Se presentan a continuación los parámetros de diseño de los 16 requisitos resaltados en la Figura 3:

Calles peatonales: proyectar aceras de 2.5 m de ancho mínimo; 80% de las fachadas de los edificios de uso residencial estarán a 7.5 m de la acera y el 50% de las fachadas de los edificios de uso mixto estarán a 0.3 m de la acera; el 15% de la longitud de manzana tendrá una relación entre la altura del edificio y la línea central de la calle de 1:1.5. Estos considerandos definen pautas de diseño de la morfología del espacio abierto público, independientemente del contexto microclimático de inserción de las comunidades.

Desarrollo compacto: diseñar por cada 4000 m² de suelo edificable, 12 viviendas de uso residencial que estén a menos de 400 m del servicio de transporte público, o 7 a más de 400 m. Para uso no residencial el 80% o más de área de piso en zonas con distancias al servicio de transporte menores a 400 m, y 50% en zonas con mayores distancias. Es decir, la compacidad de la forma urbana está determinada en relación a la accesibilidad al transporte público.

Barrios de uso mixto: utilizar el 30% del área total de piso para uso residencial. Esto propicia que las comunidades combinen distintos usos, desalentando a la planificación urbana zonificada por usos.

Comunidades conectadas y abiertas: limitar a 35 intersecciones de calle por km² para vías de circulación de borde, es decir entre comunidades y ; 54 intersecciones por km² para vías de circulación in-

ternas. Toda red de circulación debe estar disponible para uso público general. El requisito garantiza la ciudad integrada y desestima al barrio privado como modelo de desarrollo urbano.

Logística de la demanda del transporte: diseñar que el 50% de las viviendas y las entradas a los edificios de uso no residencial se encuentren a una distancia de 400 m al transporte de uso público. Proporcionar paradas de transporte público y guarda bicicletas adecuados para satisfacer la demanda proyectada. Al igual que el criterio que rige el desarrollo compacto de las comunidades, este requisito pone énfasis en la accesibilidad al transporte público.

Calles arboladas y sombreadas: proporcionar árboles en las vías de circulación a intervalos iguales o menores a 12 m, a lo largo de al menos el 60% de la longitud total de cada manzana, y sombrear al menos el 40% de la longitud total de las aceras tanto en las circulaciones de borde como internas de la comunidad. Esta exigencia sólo refiere a porcentajes de sombreado independientemente de su distribución, y del tipo y forma de la forestación.

Edificios certificados: construir o renovar edificios certificados por el sistema LEED® o similar. En este sentido la norma otorga flexibilidad en cuanto a la elección de un sistema de certificación.

Edificios con rendimiento energético optimizado: construir o renovar con criterios de eficiencia energética el 90% de la superficie total de todos los edificios de uso no residencial, de uso mixto y edificios residenciales multi-familiares de cuatro pisos o más. Es decir, la normativa no fija lineamientos asociados a la vivienda individual, apunta a unidades de gran demanda energética.

Reducción de la isla de calor: sombrear el 50% del total de las superficies pavimentadas con vegetación, o estructuras cubiertas por sistemas de generación de energía. En el 50% de las superficies restantes utilizar materiales con un valor de SRI inicial de al menos 0.33. Diseñar el 75% del área total de techos de todos los edificios nuevos dentro del proyecto con cubierta “verde”. Este considerando pone énfasis en tecnologías -verde e inerte- como estrategia de reducción de las temperaturas urbanas, y sus consecuentes impactos en la disminución del consumo de energía.

Orientación solar: diseñar el 75% o más de las manzanas con orientación dentro de $\pm 15^\circ$ grados del Este-Oeste geográfico. Persigue garantizar el acceso al recurso solar para la generación de energía distribuida y la climatización pasiva de los espacios interiores.

Producción de energía renovable: generar energía renovable no contaminante en el sitio (solar, eólica, geotérmica de pequeña escala, microhidroeléctrica o biomasa), con una capacidad de producción de al menos el 5% del costo anual de energía eléctrica y térmica del proyecto. El requisito apunta a promover la generación de energía limpia mediante diferentes estrategias.

Calefacción y refrigeración por distrito: incorporar un sistema de calefacción y/o refrigeración para el acondicionamiento de espacios y/o calentamiento de agua de al menos dos edificios (donde el 80% del consumo anual de calefacción y/o refrigeración del proyecto lo proporcione la planta). Prevé el uso de redes interconectadas entre comunidades con un criterio de eficiencia a mayor escala.

Infraestructura con eficiencia energética: coordinar con el municipio para instalar toda la infraestructura (semáforos, farolas, bombas de agua) que logre una reducción de energía anual del 15%. Este criterio pone énfasis en el uso racional de la energía.

Localización inteligente: ubicar el proyecto en un sitio servido por infraestructura existente y con conectividad a redes de transporte a menos de 800 m de los límites de la comunidad. Es decir, propicia el concepto de ciudad compacta asociada a la inserción de comunidades vinculadas a la red de servicios existente.

Instalaciones para bicicletas: proporcionar almacenamiento de bicicletas para al menos cuatro espacios por edificio a 30 m de distancia a pie de cualquier entrada principal. Diseñar el proyecto de manera que al menos el 50% de las unidades de vivienda y las entradas de uso no residencial estén ubicadas en una red de bicicletas existente o planificada que se extienda al menos 4.8 km contiguos. Alienta el uso del transporte no contaminante garantizando la conectividad en la comunidad en sí misma.

Proximidad vivienda y empleo: considerar que el 30% del área total de los edificios residenciales estén dentro de una distancia a pie de 800 m de los trabajos equivalentes a tiempo completo existentes cuyo

número sea igual o superior al número de unidades de vivienda en el proyecto. Este requerimiento propicia la cercanía entre diferentes usos como estrategia para evitar desplazamientos y en consecuencia reducir el uso del transporte.

APLICACIÓN DE REQUISITOS LEED® SELECCIONADOS A CASOS DE ESTUDIO

Los 16 requisitos del sistema LEED® detectados como prioritarios en la relación forma urbana-consumo de energía han sido aplicados a tres barrios cuyas características fueron descritas en el apartado de metodología. Esta sección, persigue identificar en qué medida el diseño de los mismos cumple con los requisitos de la certificación LEED®, y si dicha valoración refleja las diferencias en el consumo de energía de cada barrio. La Figura 4 muestra el grado de cumplimiento de cada uno de los requisitos y la asignación de créditos; donde: o cumple, x no cumple, y o/x cumple parcialmente el requisito. Cabe aclarar que la suma total de créditos de los 16 requisitos es de 55, y que el número para alcanzar la certificación mínima es de 40.

Al analizar la Figura 4 se detecta que ninguna de las formas alcanza la certificación, siendo la trama Multiazimutal la que acumula mayor número de créditos (35.5). En el caso de las tramas Rectangular y Cul-de-Sac son 7 los requisitos que se cumplen: Calles peatonales; Desarrollo compacto; Comunidades conectadas y abiertas; Logística de la demanda de transporte; Calles arboladas y sombreadas; y Producción de energía renovable y Localización inteligente. Ambas tramas alcanzan un 34.5 créditos. Para el caso de la trama Multiazimutal, se adiciona la Orientación solar al cumplimiento de los requisitos anteriores. Y para las tres formas de trama el requisito de Reducción de la isla de calor se cumple en un 50%, ya que la condición de edificios con cubiertas “verdes” no se consideró en el diseño de la comunidad.

Requisitos	Rectangular		Multiazimutal		Cul-de-Sac	
Diseño y trama del barrio						
Calles peatonales (9 créditos)	O		O		O	
Desarrollo compacto (6 créditos)	O		O		O	
Barrios de uso mixto (4 créditos)	X		X		X	
Comunidades conectadas y abiertas (2 créditos)	O		O		O	
Logística de la demanda del transporte (2 créditos)	O		O		O	
Calles arboladas y sombreadas (2 créditos)	O		O		O	
Infraestructura verde y edificios						
Edificios certificados (5 créditos)	X		X		X	
Edificios con rend. energético optimizado (2 créditos)	X		X		X	
Reducción de la isla de calor (1 crédito)	O/X		O/X		O/X	
Orientación solar (1 crédito)	X		O		X	
Producción de energía renovable (3 créditos)	O		O		O	
Calefacción y refrigeración por distrito (2 créditos)	X		X		X	
Infraestructura con eficiencia energética (1 crédito)	X		X		X	
Localización inteligente y redes						
Localización inteligente (10 créditos)	O		O		O	
Instalaciones para bicicletas (2 créditos)	X		X		X	
Proximidad vivienda y empleo (3 créditos)	X		X		X	
Total créditos (55 disponibles)	34.5		35.5		34.5	
Total consumo de energía mensual verano (kWh)	E-O 62592	N-S 65852	E-O 62592	N-S 65200	E-O 52921	N-S 55751
Certifica	NO		NO		NO	

Figura 4: Requisitos forma urbana-consumo de energía.
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la estimación de consumo de energía previamente obtenido para cada trama no está representado ni reflejado en el número de créditos alcanzados. Ejemplo de ello es el caso de la trama Cul-de-Sac que resultó ser la más eficiente en términos de consumo de energía, pero este rendimiento no se refleja en el número de créditos alcanzados. Esto se debe a que el sistema LEED® no contempla dentro de sus requisitos el microclima del sitio de implantación, siendo que existen variables como temperatura del aire y humedad relativa; que afectan las condiciones de confort térmico exterior y su efecto directo sobre el consumo de energía interior. Es decir que se contemplan aspectos de forma relacionados al diseño urbano en la asignación de créditos, pero no se tiene en cuenta al contexto como factor de impacto en los consumos de energía. Esta diferencia conceptual disocia la asignación de créditos en la certificación respecto a la eficiencia energética real de una comunidad más allá de que las viviendas cumplan con criterios de ahorro de energía.

CONCLUSIÓN

El trabajo analizó las categorías de evaluación de los 4 sistemas de certificación a escala urbana más utilizados : BREEAM, LEED®, Green Star, y CASBEE. El análisis permitió detectar que el sistema LEED® prioriza en mayor medida la relación forma urbana-consumo de energía. Ésto se refleja en la categoría “Diseño y Trama del barrio” que acumula el mayor peso porcentual (37%).

Dentro de las 3 principales categorías de LEED® -“Diseño y trama del barrio”, “Infraestructura verde y edificios”, y “Localización inteligente y redes”-, existe un conjunto de 16 requisitos que consideran desde las primeras etapas de planificación a la disposición de las comunidades. Del análisis de estos requisitos, se identifica lo siguiente: (i) no se prioriza el contexto microclimático de inserción de las comunidades; (ii) la compacidad de la forma urbana se relaciona con la accesibilidad al transporte público; (iii) propicia incluir distintos usos en las comunidades desalentando a zonificar por usos; (iv) propone que cada comunidad debe estar vinculada a una infraestructura y redes existentes; (v) desestima al barrio privado como modelo de desarrollo urbano; (vi) otorga flexibilidad en la elección de un sistema de certificación a escala edilicia, (vii) fija pautas de ahorro energético para las edificaciones de gran demanda; (viii) no determina la distribución y tipo de la forestación urbana; (ix) utiliza como estrategia de reducción de temperaturas urbanas la combinación de tecnologías -verdes e inertes-; (x) prioriza el acceso al recurso solar para la generación de energía limpia y distribuida; (xi) enfatiza el uso racional de la energía; (xii) fomenta el uso de redes interconectadas entre comunidades con un criterio de eficiencia a mayor escala; (xiii) alienta el uso del transporte no contaminante garantizando la conectividad en la comunidad en sí misma; (xiv) propicia la cercanía entre diferentes usos para evitar desplazamientos y reducir la demanda del transporte. Estos considerandos reflejan que la eficiencia energética que evalúa LEED® prioriza el uso racional del transporte, la eficiencia a escala edilicia, el acceso al recurso solar y el uso racional de la energía asociada a la infraestructura urbana. Y en menor medida, el diseño de la forma de la comunidad, dado que deja flexibilizado a que cada planificador urbano determine la morfología de manzanas y anchos de calle, sin contemplar al contexto climático de inserción.

La aplicación del conjunto de estos requisitos a tres diseños de trama en el AMM, demuestran que no hay una relación directa entre créditos y consumo de energía. Esto se debe a que la normativa contempla parcialmente la variable relacionada a la forma urbana-consumo de energía. Esta se consideración se verifica al observar los resultados obtenidos en la trama Cul-de-Sac respecto a la trama Rectangular. Ambas alcanzaron la misma cantidad de créditos si bien al estimación de sus consumos son diferentes.

De lo descripto se desprende que los sistemas de certificación son un primer paso para categorizar una comunidad. Desde el punto de vista de la valoración del diseño de la forma urbana en relación a la eficiencia energética, el sistema LEED® sólo contempla aspectos parciales de carácter general. Sin embargo, su aplicación regional requiere considerar variables asociadas al sitio de implantación y contexto microclimático. Así también de aspectos específicos en lo referido a la forma urbana que impactan significativamente en el consumo de energía, en particular relacionada al perfil urbano, la configuración de sombras en términos de garantizar distribuciones homogéneas, entre otros. En futuras etapas se prevé dar continuidad a esta temática a los efectos de realizar una contribución local asociada al desarrollo de un sistema de certificación que profundice enfoques relacionados al diseño de la forma urbana eficiente energéticamente, tomando como referente metodológico al sistema LEED®.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Este estudio se realizó analizando la versión de LEED® ND 4 (2019), hoy en día, el sistema de clasificación LEED® se ha actualizado a la última versión 4.1 (2021). Aunque existen algunas variaciones entre estas versiones, ambas se siguen vigentes para certificar. En estudios futuros ambas versiones servirán para evaluar posibles variaciones, al evaluar las dos opciones disponibles para ciudades y comunidades: Planificación y Diseño (nuevas ciudades y comunidades que están en la etapa de planificación/diseño), y Existentes (ciudades y comunidades que tienen más del 75% construido).

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se llevó a cabo con recursos financiados por el CONICET, y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de la República Argentina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BREEAM (s.f.). <https://www.breeam.com/>
- Blanco Moya, J. (2015). Hacia el diseño y gestión de barrios sustentables en Chile. *Revista INVI*, 31(86), 203-214. <https://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/62739/66590>
- CASBEE (s.f.). <http://www.ibec.or.jp/>
- CERTIVEA (s.f.). HQETM <https://www.behqe.com/>
- Consejo Alemán de Construcción Sostenible. DGNB. <https://www.dgnb.de/en/index.php>
- Encinas, F., Marmolejo, C. & Aguirre, C. (2016). El impacto de los proyectos inmobiliarios y sus atributos de sustentabilidad sobre el valor del suelo: ¿causa o consecuencia? dos estudios de casos para Santiago de Chile. *Hábitat Sustentable*, 6, (2,) 70-79.
- Green Star (s.f.). <https://www.gbca.org.au/>
- Haapio, A. (2012). Towards sustainable urban communities. *Environmental Impact Assessment Review*, 32, 165-169.
- Higuera, E. Urbanismo bioclimático. 1ª ed. Gustavo Gili, 2012.
- Huang, Z., Yu, H., Peng, Z. & Zhao, M. (2015). Methods and tools for community energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1335-1348.
- IEA, International Energy Agency (2016). Indicadores de Eficiencia Energética: Fundamentos Estadísticos. International Energy Agency.
- Ko, Y. & Radke, J. (2014). The effect of urban form and residential cooling energy use in Sacramento, California. *Environment and Planning B*, 41, (4), 573-593.
- Koirala, B., Koliou, E., Friege, J., Hakvoort, r. & Herder, P. (2016). Energetic communities for community energy: A review of key issues and trends shaping integrated community energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 722-744.
- LEED® (s.f.) . <https://new.usgbc.org/>
- Lohrey, S. & Creutzig, F. (2016). Sustainability window' of urban form. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 45, 96-111.
- Martínez, K. (2017). Comunidades y barrios sustentables: sistemas de certificación avanzando hacia la sustentabilidad de la escala urbana intermedia. *AUS [Arquitectura / Urbanismo / Sustentabilidad]*, 10, 18-21.
- Middel, A., Hüb, K., Brazel, A., Martin, C. & Guhathakurta, S. (2014). Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. *Landscape and Urban Planning*, 122, 16-28.
- ONU-HÁBITAT (2016). Informe Mundial de las Ciudades. Enertic. <https://enertic.org/el-informe-mundial-de-ciudades-2016-de-onu-habitat-urbanizacion-y-desarrollo-futuros-emergentes/>
- Páez García, A. (2009). Sustentabilidad urbana y transición energética: un desafío institucional [Tesis doctoral]. Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/71036>
- Pearl Community Rating System (s.f.). <https://www.dpm.gov.abu Dhabi/>
- Reinhard, J. (2017). Annex 51: Case studies and guidelines for energy efficient communities. *Energy and Buildings*, 154, 529-537.
- Rueda, S. (2014). Certificación del urbanismo ecológico. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona.
- Sharifi, A. (2016). From Garden City to Eco-urbanism: The quest for sustainable neighborhood development. *Sustainable Cities and Society*, 20, 1-16.
- Sosa, B., Correa, E. & Cantón, A. (2018). Neighborhood designs for low-density social housing energy efficiency: case study of an arid city in Argentina. *Energy and Buildings*, 168, 137-146.

NOTAS:

* Arquitecta por la Universidad Mendoza, Magíster en Arquitectura Sostenible y Eficiencia Energética por la Universidad Ramón Llull Barcelona, Doctora en Ciencias por la Universidad Nacional de Salta. Becaria posdoctoral de CONICET, tema de investigación “Diseño energético-ambiental de áreas urbanas en zonas áridas. evaluación de tramas y perfiles en entornos residenciales de baja y media densidad”.

** Ingeniera Química por la Universidad Tecnológica Nacional, Doctora en Ciencias por la Universidad Nacional de Salta. Investigadora Independiente de CONICET, tema de investigación “Sustentabilidad energética y ambiental del diseño urbano. Eficiencia de las estrategias de mitigación de la isla de calor en ciudades de clima árido. Generación de herramientas de calificación y evaluación predictiva”.

***Arquitecta por la Universidad Mendoza, DEA en Arquitectura. Investigadora Principal de CONICET, tema de investigación “Forestación, urbanización y clima. Impacto energético-ambiental de los espacios urbanos y edificios en ciudades emplazadas en zonas áridas. Diseño eficiente y nuevas tecnologías”.siguen vigentes para certificar. En estudios futuros ambas versiones servirán para evaluar posibles variaciones, al evaluar las dos opciones disponibles para ciudades y comunidades: Planificación y Diseño (nuevas ciudades y comunidades que están en la etapa de planificación/diseño), y Existentes (ciudades y comunidades que tienen más del 75% construido).